

⑤

Int. Cl. 2:

F01 C 1/34

⑯ BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

DT 25 44 232 A1

⑪

# Offenlegungsschrift 25 44 232

⑫

Aktenzeichen:

P 25 44 232.4

⑬

Anmeldetag:

3. 10. 75

⑭

Offenlegungstag:

1. 7. 76

⑳

Unionspriorität:

②② ③③ ③①

24. 12. 74 USA 536090

⑤④

Bezeichnung:

Leckarme Mehrflügel-Umlaufexpansionsmaschine

⑦①

Anmelder:

General Electric Co., Schenectady, N.Y. (V.St.A.)

⑦④

Vertreter:

Schüler, H., Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 6000 Frankfurt

⑦②

Erfinder:

Eckard, Spurgeon Eugene, Cincinnati;  
Moor, Bluford Lovelace, West Chester; Ohio (V.St.A.)

DT 25 44 232 A1

2544232

**Dr. Horst Schüler**  
Patentanwalt  
6 Frankfurt/Main 1  
Niddastr. 52

2. Oktober 1975  
Schu/Vo/Rg

3745-39-SS-2320A

GENERAL ELECTRIC COMPANY  
1 River Road  
SCHENECTADY, N.Y./U.S.A.

---

Leckarme Mehrflügel-Umlaufexpansionsmaschine

---

Die Erfindung bezieht sich allgemein auf umlaufende Antriebsmaschinen und insbesondere auf Mehrflügel-Umlaufexpansionsmaschinen (rotary expanders).

In der Vergangenheit wurde bei den meisten mehrflügeligen Umlaufexpansionsmaschinen (nachfolgend als Expansionsmaschinen bezeichnet) ein komprimiertes Gas, wie Luft niedriger Temperatur, als Antriebsfluid benutzt. Hierzu wird beispielsweise auf Machine Design, September 14, 1972, Seite 218, verwiesen, und in diesem Artikel ist ausgeführt, daß bei einer solchen Expansionsmaschine bestimmte Beschränkungen bezüglich des Erreichens eines vergrößerten Drehmoments bestehen.

Wenn als Antriebsfluid eine unter hoher Temperatur und großem Druck stehende verdampfte Flüssigkeit wie Wasser oder Kohlenwasserstofffluids benutzt werden, kann zwar die mögliche Leistung einer Expansionsmaschine von bestimmter Größe gesteigert werden, doch ergeben sich wegen der hiermit verbundenen Temperatur- und Druckvergrößerungen besondere Probleme. Ein solches Problem ist die innere Leckscheinung bzw. das Abströmen des Dampfes. Im Idealfall wird der

609827/0557

Dampf, wenn er zwischen angrenzenden Flügeln eingeführt wird, in diesem Raum durch den Rotor, vom Expansionsmaschinenmantel und von den Stirnwandungen eingeschlossen. In der Praxis entweicht jedoch der Dampf aus dem Raum zwischen den Flügeln, wenn er kurz nach dem oberen Totpunkt zugeführt wird, zum Niederdruckbereich vor dem unteren Totpunkt. Der unter Druck gesetzte Dampf neigt dazu, den nachfolgenden Flügel in den Schlitz einzudrücken und an ihm vorbei zur Auslaßöffnung zu strömen. Wenn dann der nachfolgende Flügel die Dampfeinlaßöffnung erreicht, wird er abrupt nach außen gedrückt, so daß er gegen den Expansionsmaschinenmantel stößt, wodurch ein Flügelbruch und eine Zerstörung des Mantels begründet werden.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Schaffung einer verbesserten Mehrflügel-Umlaufexpansionsmaschine, bei der die genannten Nachteile nicht auftreten.

Entsprechend einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist der einen minimalen Spielraum bildende Spalt eines mit zahlreichen Flügeln oder Schaufeln versehenen Drehexpanders über einen Bogen verlängert, indem der Mantel im Bereich dieses Bogens kreisförmig und konzentrisch zum Rotor ausgebildet ist. Der übrige Teil des Mantelprofils kann ein exzentrischer Kreisbogen oder entsprechend zugeschnitten sein, um das erwünschte Expansionsverhältnis zu erhalten. An der Oberfläche des Rotors sind Labyrinthdichtungen vorgesehen, und die Flügel werden innerhalb des Minimumspalts von unter Druck gesetztem Dampf nach außen gedrückt.

Wenn ein im Querschnitt kreisförmiger Mantel einen kreisförmigen Rotor umgibt, tritt ein Minimumabstand nur an einer Stelle auf. Erfindungsgemäß wird dieser Minimumabstand zu einem sich über einen Bogen erstreckenden Minimumspalt erweitert. Der Bogen wird ausreichend groß gemacht, so daß sich zu jeder Zeit zumindest ein Flügel im Minimumspalt befindet. Hierdurch wird die Leckerscheinung von der Einlaßöffnung zur Auslaßöffnung vermindert. Durch Ausbilden der Labyrinthdichtung an der Oberfläche des Rotors und durch das nach außen erfolgende Drücken der Flügel innerhalb des Minimumspalts mittels unter Druck gesetztem Dampf führt zu weiteren Verminderungen der Leckerscheinung.

Die Erfindung wird nachfolgend an zeichnerisch dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 - den Rotor und den Laufmantel einer erfindungsgemäßen Expansionsmaschine im Querschnitt,
- Figur 2 - den Rotor aus Figur 1 in Vorderansicht und
- Figur 3 - den Rotor in einem vergrößerten bzw. detaillierten Teilschnitt.

Gemäß Figur 1 ist ein Rotor 10 innerhalb einer <sup>Verkleidung, eines,</sup> bzw. Kolbenlaufmantels 12 angebracht und enthält eine Anzahl von sich axial erstreckenden Schlitten 14 mit jeweils einem Flügel bzw. einer Schaufel 16, der bzw. die beim Drehen des Rotors 10 in diesen hinein und aus ihm heraus bewegbar ist. Die Anzahl der Flügel kann sich entsprechend der Größe der Expansionsmaschine (expander), des Expansionsverhältnisses usw. verändern. Das verdampfte Antriebsfluid wird über eine Einlaßöffnung 18 zugeführt, und der expandierte Dampf wird über eine Vielzahl von Auslaßöffnungen 20 ausgestoßen.

Wenn jeder Flügel 16 an der Einlaßöffnung 18 vorbeiläuft, wird der von den Oberflächen des Rotors 10, des Kolbenlaufmantels 12, des genannten Flügels wie auch des folgenden Flügels und der Stirnwandungen begrenzte Raum mit dem unter Druck gesetzten Dampf gefüllt. Wenn der folgende Flügel 16A das Ende der Einlaßöffnung 18 erreicht, so daß kein weiterer Dampf zugeführt werden kann, stellt das im Raum 22 enthaltene Volumen das Füllungsvolumen dar. Der gegen den Flügel 16B (dessen freiliegender Oberflächenbereich größer als derjenige des Flügels 16A ist) wirkende Druck begründet eine Drehung des Rotors 10. Der Dampf expandiert bei der Vergrößerung des Volumens bis zum Maximum im Bereich des unteren Totpunktes. Wenn dann das Volumen abzunehmen beginnt, wird der expandierte Dampf über unverschlossene Ablassöffnungen 20 eher ausgestoßen als wieder neu komprimiert. Hierdurch soll sichergestellt werden, daß kein kondensierter Dampf oder Schmieröl und damit inkompressible Flüssigkeiten in den Minimumraum bzw. -spalt gelangen, wo hierdurch eine Zerstörung vorgerufen werden könnte. Stattdessen erfolgt ein vorheriges Ausstoßen.

Wenn sowohl der Rotor 10 als auch der Kolbenlaufmantel 12 im Querschnitt in üblicher Weise kreisförmig wären, würde nur am oberen Totpunkt minimaler Spielraum entstehen. Nach der vorliegenden Erfindung erfolgt eine Erweiterung auf einen sich über einen Bogen 24 erstreckenden Spalt konstanten Minimumabstandes. Hierdurch wird die Neigung des an der Einlaßöffnung 18 zugeführten Hochdruckdampfes vermindert, im Gegenuhrzeigersinn zu den Niederdruck-Auslaßöffnungen zurück- bzw. auszuströmen. Der Bogen 24 muß lang genug sein, damit sich jederzeit zumindest ein Flügel im Spalt befindet. Oder anders ausgedrückt beträgt die minimale Bogenlänge des Spaltes  $360^\circ/N$ , wobei N die Anzahl der Flügel bzw. Lamellen oder Schieber im Rotor ist.

Ein Weg zum Erweitern bzw. Verlängern des Minimumspaltes ist in Figur 1 dargestellt. Der Mantel ist im Bereich des Spaltes konzentrisch zum Rotor ausgebildet, während er im übrigen Teil exzentrisch ist. Der beschriebene Zweibogenmantel führt auch zu einem größeren Expansionsverhältnis, als es im Fall eines kreisförmigen Mantels möglich ist. Noch größere Expansionsverhältnisse können erreicht werden, wenn dem Mantel ein zugeschnittenes bzw. angepasstes (tailored) Querschnittsprofil gegeben wird. Eine Beschränkung bezüglich des zugeschnittenen Profils besteht darin, daß die Richtungsänderung im Profil nicht so abrupt sein sollte, daß die Flügel den Kontakt mit dem Mantel verlieren, da sie nicht ausreichend schnell beschleunigt werden können. Ein annehmbares Profil ist ein solches, das eine lineare Flügelgeschwindigkeit erzeugt oder bei dem die Flügelverlagerung als Funktion des Rotorwinkels parabolisch verläuft. (Ein solches Profil wird gewöhnlich bei Ventilöffnungs-nocken in Innenverbrennungsmaschinen benutzt).

Obwohl die Verlängerung des Minimumspaltes zu einer Verminderung der Leckerscheinungen führt, stellen diese nach wie vor besonders dann ein Problem dar, wenn der Druck des Dampfes größer wird. Dieser Druck neigt dazu, den nachfolgenden Flügel nach unten in den Schlitz zu drücken, um einen Leckpfad über den Minimumspalt zu bilden. Zur Überwindung dieses Problems wird Dampf mit demselben Druck wie derjenige des Dampfes an der Einlaßöffnung 18 durch beide Stirnwandun-

609827/0557

ORIGINAL INSPECTED

gen in einem bogenförmigen Druckschlitz 26 und damit zu einem verdickten Teil der Flügelschlitz 14 geleitet. Es ist festzustellen, daß sich der Flügel 16C tief genug in seinem Flügelschlitz befindet, um jegliches Austreten dieses Dampfes zu verhindern. Jedoch haben sich der Flügel 16A und die vor ihm liegenden Flügel ausreichend weit nach außen bewegt, um die Flügelöffnungen 28 (siehe auch Figur 2) freizugeben. Dieser Öffnungsvorgang erfolgt unmittelbar bevor der Flügel 16A den Absperrpunkt erreicht. Hierdurch wird ein Druckausgleich zwischen dem vergrößerten unteren Abschnitt des Schlitzes und dem der Einlaßdampföffnung ausgesetzten Raum ermöglicht. Wenn dieser Ausgleich nicht auftritt und der Dampf im Absperrraum expandiert sowie im Druck vermindert wird, würde sich ein übermäßig großer Druck gegen den Boden des Flügels ergeben.

Um die Abdichtung weiter zu verbessern, wird durch Öffnungen 28 in den Stirnwandungen unter den Flügeln Öl eingespritzt, bevor diese den Minimumspalt erreichen. Dieses flüssige Öl verbessert die Abdichtung und sorgt gleichzeitig für eine Flügelschmierung. Zusätzlich zum Vermindern der Leckerscheinungen durch Verlängern des Minimumspalts kann eine verbesserte Leistungsfähigkeit durch Ausbilden einer Labyrinthdichtung erzielt werden. In Figur 3 ist der Rotor 10 so dargestellt, daß er eine Vielzahl von sich axial erstreckenden und in seine Oberfläche eingearbeiteten Nuten 30 aufweist. Jede Nute begründet eine Druckverminderung vom Hochdruck an der Dampföffnung zum Niederdruck hinter dem nachfolgenden Flügel. Bei einem erfindungsgemäß ausgebildeten Rotor hatten die Nuten der Labyrinthdichtung eine Tiefe von etwa 1,47 mm und eine Breite von etwa 1,52 mm. Die Labyrinthdichtung löst auch in Verbindung mit dem verlängerten Minimumspalt das Problem, daß ein nachfolgender Flügel vom Hochdruckleckdampf in den Schlitz gedrückt wird und dann kräftig gegen den Mantel stößt, wenn sich der Flügel zur Einlaßöffnung bewegt.

- Patentansprüche -

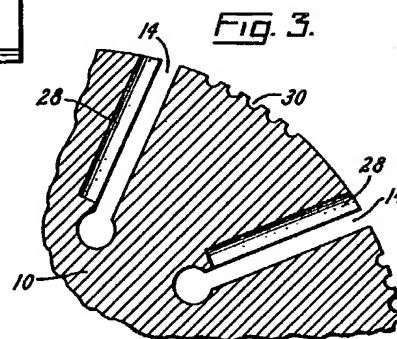
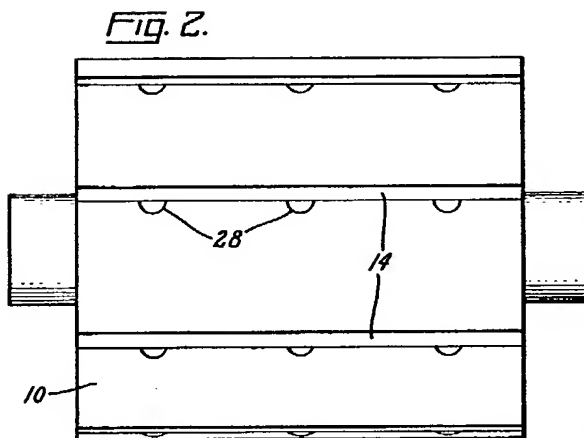
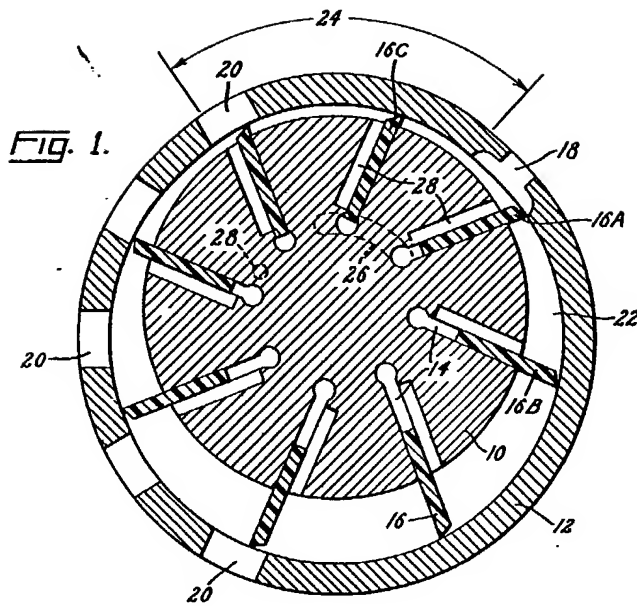
609827/0557

Patentansprüche

1. Mehrflügel-Umlaufexpansionsmaschine mit einem in einem Mantel drehbar angebrachten Rotor und einem Spalt minimalen Spielraums (Minimumspalt) zwischen dem Rotor und dem Mantel, wobei der Rotor sich axial erstreckende Flügel aufweist, die sich beim Drehen des Rotors in diesen hinein und aus ihm heraus bewegen, dadurch gekennzeichnet, daß sich der Minimumspalt über einen Bogen (24) erstreckt.
2. Mehrflügel-Umlaufexpansionsmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die minimale Bogenlänge des Minimumspalts  $360^{\circ}/N$  beträgt, wobei N die Anzahl der Flügel im Rotor ist.
3. Mehrflügel-Umlaufexpansionsmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich eine Auslaßöffnung (20) zumindest teilweise innerhalb des Minimumspaltes befindet.
4. Mehrflügel-Umlaufexpansionsmaschine nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch Mittel (26) zum Zuführen von unter Druck gesetztem Dampf unter die Flügel, wenn sich diese im Minimumspalt befinden, und durch Mittel (28) zum Ablassen des Dampfes hinter die Flügel, wenn sich diese aus dem Minimumspalt herausbewegen.
5. Mehrflügel-Umlaufexpansionsmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Schmiermittel unter den Flügeln eingeführt wird, bevor diese in den Minimumspalt eintreten.
6. Mehrflügel-Umlaufexpansionsmaschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine Vielzahl von sich axial erstreckenden Nuten (30) in die Oberfläche des Rotors eingearbeitet ist, um eine Druckverminderung im eingeführten Dampf zu begründen.

609827/0557

2544232



F01C 1-34 AT:03.10.1975 OT:01.07.1976  
609827/0557

ORIGINAL INSPECTED



DERWENT-ACC-NO: 1976-G2297X

DERWENT-WEEK: 197628

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Rotary vane expansion engine - whose design minimises leakage, and wear of vanes and casing

PRIORITY-DATA: 1974US-0536090 (December 24, 1974)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
DE 2544232 A	July 1, 1976	N/A	000	N/A
BR 7507200 A	August 17, 1976	N/A	000	N/A
IL 48176 A	December 30, 1977	N/A	000	N/A

INT-CL (IPC): F01C001/34, F04C027/00

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 2544232A

BASIC-ABSTRACT:

The inside surface of the casing of a multi-vane rotating vane expansion engine is partially given a cylindrical profile (24), concentric with the rotor, arranged so that it constitutes a minimum clearance area with a peripheral length not less than  $360 \text{ deg./N}$ , where N is the number of rotor vanes, to reduce vane tip leakage. Exhaust ports (20) extend into the minimum clearance area, to minimise entrainment. High pressure fluid is injected through ports (26) in the min. clearance zone to improve sealing; is released through channels (28) as the vanes move outwards in the expansion zone where sealing matters less, minimising wear. Lubricant can be similarly added.